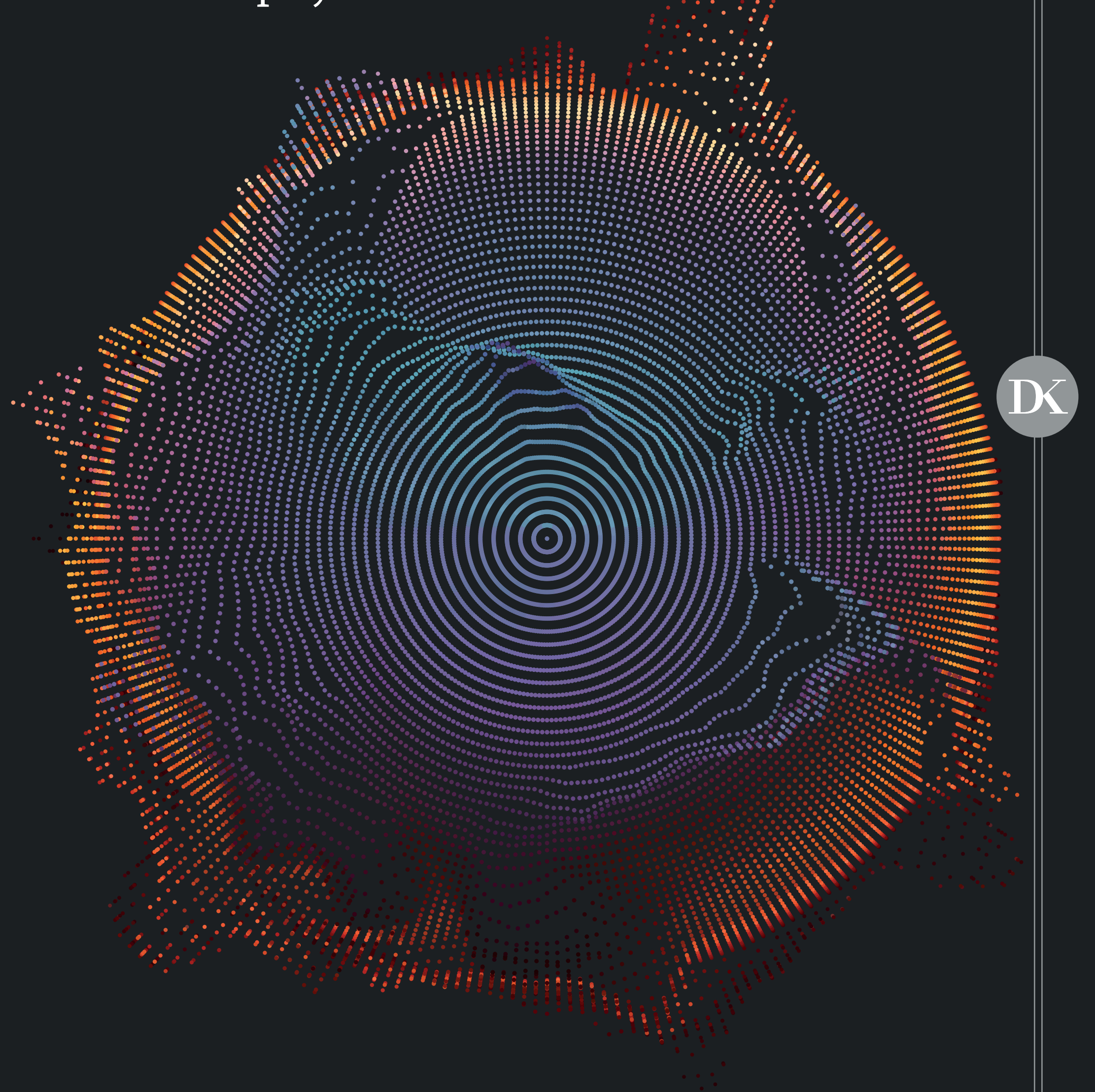
DRAKONTOS

Michio Kaku

Hiperespacio

Una odisea científica a través de universos paralelos, distorsiones del tiempo y la décima dimensión



DK

CRÍTICA

HIPERESPACIO

Una odisea científica a través de universos paralelos, distorsiones del tiempo y la décima dimensión

Michio Kaku

Traducción de Javier García Sanz



Primera edición: marzo de 1996
Primera edición en esta nueva presentación: octubre de 2016

Hiperespacio
Michio Kaku

Título original: *Hyperspace. A Scientific Odyssey Through Parallel Universes, Time Warps and the Tenth Dimension*

Av. Diagonal, 662-664, 08034 Barcelona (España)
Crítica es un sello editorial de Editorial Planeta, S. A.

editorial@ed-critica.es
www.ed-critica.es

ISBN: 978-84-16771-19-6
Depósito legal: B. 17.866 - 2016
2016. Impreso y encuadernado en España por Huertas Industrias Gráficas S. A.

ÍNDICE

II. LA UNIFICACIÓN EN DIEZ DIMENSIONES

IV. SEÑORES DEL HIPERESPACIO

1

MUNDOS MÁS ALLÁ DEL ESPACIO Y DEL TIEMPO

> Quiero saber cómo creó Dios este mundo. No estoy interesado en tal o cual fenómeno. Quiero conocer Sus pensamientos; lo demás son detalles.
>
> ALBERT EINSTEIN

La educación de un físico

Dos incidentes de mi infancia enriquecieron considerablemente mi comprensión del mundo y me pusieron en el camino de convertirme en físico teórico. Recuerdo que mis padres me llevaban a veces a visitar el famoso Tea Garden japonés en San Francisco. Uno de los recuerdos más felices de mi infancia es el de agacharme cerca del estanque, atraído por las carpas de brillantes colores que nadaban lentamente bajo los nenúfares.

En esos momentos relajados, me sentía libre para dejar volar mi imaginación; me hacía preguntas estúpidas que sólo un niño puede plantear, por ejemplo, cómo verían las carpas del estanque el mundo que les rodeaba. Yo pensaba: ¡qué mundo tan extraño debe ser el suyo!

Viviendo toda su vida en el estanque poco profundo, las carpas creerían que su «universo» consistía en las aguas oscuras y los nenúfares. Al pasar la mayor parte de su tiempo hurgando en el fondo del estanque, apenas serían conscientes de que podía existir un mundo extraño por encima de la superficie. La naturaleza de mi mundo estaba más allá de su

comprensión. Yo me sentía intrigado por el hecho de que pudiera estar sólo a unos pocos centímetros de las carpas, pero separado de ellas pese a todo por un inmenso abismo. Las carpas y yo pasábamos nuestras vidas en dos universos distintos, sin entrar jamás en el mundo del otro, pero estábamos separados sólo por la barrera más estrecha, la superficie del agua.

En cierta ocasión imaginé que podría haber carpas «científicas» viviendo entre los peces. Ellas se burlarían, supongo, de cualquier pez que les propusiera que podía existir un mundo paralelo apenas por encima de las aguas. Para una carpa «científica», las únicas cosas que eran reales eran las que un pez podía ver o tocar. El estanque era todo. Un universo invisible más allá del estanque no tenía sentido científico.

Una vez me sorprendió una tormenta lluviosa. Noté que la superficie del estanque era bombardeada por miles de minúsculas gotas de lluvia. La superficie del estanque se hizo turbulenta, y los nenúfares eran llevados de un lado a otro por las ondas del agua. Mientras buscaba abrigo del viento y la lluvia, me preguntaba cómo verían las carpas todo esto. Para ellas, los nenúfares parecerían moverse por sí mismos, sin nada que los empujase. Puesto que el agua en la que vivían parecía invisible, como a nosotros nos lo parece el aire y el espacio que nos rodea, ellas estarían desconcertadas por el hecho de que los nenúfares se moviesen por sí mismos.

Sus «científicos», pensaba yo, propondrían un ingenioso concepto al que llamarían «fuerza» para ocultar su ignorancia. Incapaces de comprender que pudiese haber olas en la superficie invisible, concluirían que los nenúfares se movían sin ser tocados debido a que entre ellos actuaba una entidad misteriosa e invisible llamada fuerza. Quizá dieran a esta ilusión nombres sofisticados (tales como acción-a-distancia, o la capacidad de los nenúfares para moverse sin que nada los toque).

Una vez imaginé qué sucedería si fuese al fondo y sacase a una de las carpas «científicas» fuera del estanque. Antes

de que la volviese a arrojar al agua, se agitaría furiosamente mientras yo la examinaba. Me preguntaba cómo reaccionaría ante esto el resto de las carpas. Para ellas, sería un suceso realmente insólito. Notarían primero que una de sus «científicas» había desaparecido de su universo. Simplemente desaparecido, sin dejar huella. Dondequiera que mirasen, no verían rastro de la carpa perdida en su universo. Luego, segundos más tarde, cuando yo la arrojase de nuevo al estanque, la «científica» reaparecería súbitamente a partir de la nada. Para las otras carpas, parecería que había sucedido un milagro.

Después de serenarse, la «científica» contaría una historia realmente sorprendente. «De repente —diría—, fui sacada de algún modo del universo (el estanque) y arrojada a otro mundo misterioso, con luces cegadoras y objetos de formas extrañas que nunca había visto antes. Lo más extraño de todo era que la criatura que me tenía prisionera no se parecía en absoluto a un pez. Quedé impresionada al ver que no tenía ningún tipo de aletas, pero de todos modos podía moverse sin ellas. Me chocó que las leyes familiares de la naturaleza no se aplicaban en ese mundo extraño. Luego, tan repentinamente como antes, me encontré de nuevo arrojada a nuestro universo.» (Por supuesto, esta historia de un viaje más allá del universo sería tan fantástica que la mayoría de las carpas la despacharían como una completa necedad.)

A menudo pienso que nosotros somos como las carpas nadando tranquilamente en el estanque. Pasamos nuestras vidas en nuestro propio «estanque», confiados en que nuestro universo consiste sólo en aquellas cosas que podemos ver o tocar. Como para las carpas, nuestro universo consiste sólo en lo familiar y lo visible. Nos negamos con suficiencia a admitir que puedan existir universos o dimensiones paralelas cerca de nosotros, apenas más allá de nuestro alcance. Si nuestros científicos inventan conceptos como fuerzas, es sólo porque no pueden visualizar las vibraciones invisibles que llenan el espacio vacío que nos rodea. Algu-

nos científicos sonríen burlonamente ante la mención de dimensiones más altas porque no pueden medirlas convenientemente en el laboratorio.

Desde entonces siempre me he sentido fascinado por la posibilidad de otras dimensiones. Como la mayoría de los niños, yo devoraba las historias de aventuras en las que viajeros del tiempo entraban en otras dimensiones y exploraban universos paralelos invisibles, donde las leyes usuales de la física podían estar convenientemente en suspenso. Crecí preguntándome si los barcos que viajaban por el Triángulo de las Bermudas desaparecían misteriosamente en un agujero del espacio; me maravillaba con la Serie de la Fundación de Isaac Asimov, en la que el descubrimiento del viaje por el hiperespacio llevaba al nacimiento de un Imperio Galáctico.

Un segundo incidente de mi infancia también dejó en mí una impresión profunda y duradera. Cuando tenía ocho años, oí una historia que me ha acompañado toda mi vida. Recuerdo a mis maestros de la escuela diciendo a la clase que acababa de morir un gran científico. Hablaban de él con gran respeto, calificándole como uno de los mayores científicos de la historia. Decían que muy pocas personas podían entender sus ideas, pero que sus descubrimientos cambiaron el mundo entero y todo lo que nos rodea. Yo no comprendía mucho de lo que ellos trataban de decirnos, pero lo que más me intrigó de este hombre era que había muerto antes de que pudiera completar su mayor descubrimiento. Decían que dedicó años a esta teoría, pero murió con sus papeles inacabados aún sobre su mesa.

Quedé fascinado por la historia. Para un niño, esto era un gran misterio. ¿Cuál era su trabajo inacabado? ¿Qué había en aquellos papeles sobre su mesa? ¿Qué problema podía ser tan difícil y tan importante para que un científico tan grande le dedicase muchos años de su vida? Intrigado, decidí aprender todo lo que pude sobre Albert Einstein y su teoría inacabada. Aún guardo cálidos recuerdos de las muchas horas tranquilas que pasaba leyendo cualquier libro

que podía encontrar sobre este gran hombre y sus teorías. Cuando agoté los libros de nuestra biblioteca local, empecé a recorrer bibliotecas y librerías por toda la ciudad, buscando ávidamente más claves. Pronto aprendí que esta historia resultaba mucho más excitante que cualquier misterioso asesinato y más importante que cualquier cosa que hubiera podido imaginar. Decidí que trataría de llegar a las raíces de este misterio, incluso si, para conseguirlo, tenía que hacerme un físico teórico.

Pronto aprendí que los papeles que quedaron inacabados sobre la mesa de Einstein eran un intento por construir lo que él llamó la teoría del campo unificado, una teoría que explicara todas las leyes de la naturaleza, desde el átomo más minúsculo a la galaxia más grande. Sin embargo, siendo un niño, no comprendía que quizá había un lazo entre las carpas que nadaban en el Tea Garden y los papeles inacabados que reposaban sobre la mesa de Einstein. No comprendía que las dimensiones más altas podían ser la clave para resolver la teoría del campo unificado.

Posteriormente, ya en la escuela secundaria, agoté la mayoría de las bibliotecas locales y a menudo visitaba la biblioteca de física de la Universidad de Stanford. Allí, llegué a saber que el trabajo de Einstein hacía posible una sustancia nueva llamada antimateria, que actuaría como la materia ordinaria pero se aniquilaría en un destello de energía al entrar en contacto con la materia. También leí que los científicos habían construido grandes máquinas, o «colisionadores de átomos», que podían producir cantidades microscópicas de esta sustancia exótica en el laboratorio.

Una ventaja de la juventud es que no se arredra ante las limitaciones materiales que normalmente parecerían insuperables para la mayoría de los adultos. Al no apreciar los obstáculos que ello implicaba, me propuse construir mi propio colisionador de átomos. Estudié la literatura científica hasta que me convencí de que podría construir lo que se llamaba un betatrón, que aceleraría electrones a millones de electronvoltios. (Un millón de electronvoltios es la energía

que alcanzan los electrones acelerados por un campo de un millón de voltios.)

Para empezar, compré una pequeña cantidad de sodio-22, que es radiactivo y emite de forma natural positrones (la réplica en antimateria de los electrones). Luego construí lo que se denomina una cámara de niebla, que hace visibles las trazas dejadas por partículas subatómicas. Fui capaz de tomar cientos de bellas fotografías de las trazas dejadas tras de sí por la antimateria. A continuación revolví las basuras de los grandes almacenes de electrónica de la zona, reuní el hardware necesario, incluyendo cientos de kilos de acero de transformador sobrante, y construí en el garaje de mi casa un betatrón de 2,3 millones de electronvoltios que sería suficientemente potente para producir un haz de antielectrones. Con el propósito de construir las monstruosas bobinas necesarias para el betatrón, convencí a mis padres para que me ayudaran a enrollar 35 kilómetros de alambre de cobre en el campo de fútbol del instituto. Pasamos las vacaciones de Navidad en la línea de 50 yardas, enrollando y montando las pesadas bobinas que curvarían las trayectorias de los electrones de alta energía.

Cuando finalmente quedó construido, el betatrón de 150 kilogramos y 6 kilovatios consumía toda la potencia eléctrica de mi casa. Cuando lo conectaba, saltaban todos los fusibles y la casa se quedaba repentinamente a oscuras. Con la casa sumida periódicamente en la oscuridad, mi madre solía darse golpes en la cabeza. (Yo imaginaba que ella probablemente se preguntaba por qué no podía tener un hijo que jugase al béisbol o al baloncesto, en lugar de construir estas enormes máquinas eléctricas en el garaje.) Yo me sentí satisfecho porque la máquina produjo con éxito un campo magnético 20.000 veces más potente que el campo magnético de la Tierra, necesario para acelerar un haz de electrones.

Afrontar la quinta dimensión

Dado que mi familia era pobre, mis padres estaban preocupados porque yo no pudiera continuar mis experimentos y mi educación. Afortunadamente, los premios que gané por varios proyectos científicos llamaron la atención del científico atómico Edward Teller. Su mujer dispuso generosamente que yo recibiera una beca de cuatro años en Harvard, permitiéndome satisfacer mi sueño.

Irónicamente, aunque en Harvard empecé mi instrucción formal en física teórica, fue también allí donde se fue desvaneciendo mi interés por las dimensiones más altas. Al igual que otros físicos, inicié un programa riguroso y completo de estudio de las matemáticas superiores de cada una de las fuerzas de la naturaleza por separado, totalmente aisladas unas de otras. Aún recuerdo haber resuelto un problema de electrodinámica para mi profesor, y luego preguntarle cuál podría ser la solución si el espacio estuviera curvado en una dimensión más alta. Me miró de una forma extraña, como si yo estuviese un poco chiflado. Como otros antes que yo, pronto aprendí a dejar de lado mis primeras e infantiles ideas sobre el espacio de más dimensiones. El hiperespacio, me dijeron, no era un tema apropiado para un estudio serio.

Nunca estuve satisfecho con este enfoque deslavazado de la física, y mis pensamientos volvían a menudo a las carpas que vivían en el Tea Garden. Aunque las ecuaciones que utilizábamos para la electricidad y el magnetismo, descubiertas por Maxwell en el siglo XIX, funcionaban sorprendentemente bien, las ecuaciones parecían algo arbitrarias. Tenía la impresión de que los físicos (como las carpas) inventaron estas «fuerzas» para ocultar nuestra ignorancia de cómo pueden moverse los objetos unos a otros sin tocarse.

En mis estudios aprendí que uno de los grandes debates del siglo XIX había versado sobre el modo en que viaja la luz a través del vacío. (La luz que procede de las estrellas, de hecho, puede viajar sin esfuerzo billones y billones de kilóme-

tros a través del vacío del espacio exterior.) Los experimentos también mostraban más allá de toda duda que la luz es una onda. Pero si la luz era una onda, entonces se necesitaba que algo «ondulase». Las ondas sonoras requieren aire, las ondas de agua requieren agua, pero, puesto que no hay nada que ondule en el vacío, tenemos una paradoja. ¿Cómo puede ser la luz una onda si no hay nada que ondule? Por esta razón, los físicos conjuraron una sustancia llamada éter, que llenaba el vacío y actuaba como el medio para la luz. Sin embargo, los experimentos demostraron de forma concluyente que el «éter» no existe.*

Finalmente, cuando me licencié en física en la Universidad de California en Berkeley, aprendí casi por casualidad que había una explicación alternativa, aunque controvertida, sobre cómo puede viajar la luz a través del vacío. Esta teoría alternativa era tan extravagante que recibí una buena sacudida cuando tropecé con ella. Esta conmoción fue parecida a la que experimentaron muchos norteamericanos cuando supieron que el presidente John Kennedy había sido asesinado. Pueden recordar invariablemente el momento exacto en que recibieron la noticia, lo que estaban haciendo y con quién estaban hablando en ese instante. También nosotros los físicos recibimos un buen choque cuando tropezamos por primera vez con la teoría de Kaluza-Klein. Puesto que se consideraba que la teoría era una especulación extravagante, nunca se enseñaba en la facultad; por ello, los jóvenes físicos tienen que descubrirla más bien por casualidad en sus lecturas ocasionales.

Esta teoría alternativa daba la explicación más sencilla de la luz: que era realmente una vibración de la quinta dimensión, o lo que los místicos solían denominar la cuarta dimensión. Si la luz podía viajar a través del vacío era por-

* Sorprendentemente, hoy los físicos siguen sin tener una verdadera respuesta a este enigma, pero a lo largo de décadas nos hemos habituado sencillamente a la idea de que la luz puede viajar a través del vacío incluso si no hay nada que ondule.

que el propio vacío estaba vibrando, debido a que el «vacío» realmente existía en cuatro dimensiones de espacio y una de tiempo. Añadiendo la quinta dimensión, la fuerza de la gravedad y la luz podían unificarse de una forma sorprendentemente simple. Recordando las experiencias de mi infancia en el Tea Garden, comprendí de repente que esta era la teoría matemática que yo había estado buscando.

La vieja teoría de Kaluza-Klein presentaba, no obstante, muchos problemas técnicos difíciles que la hicieron inútil durante medio siglo. Todo esto, sin embargo, ha cambiado en la última década. Versiones más avanzadas de la teoría, como la teoría de la supergravedad y especialmente la teoría de supercuerdas, han eliminado finalmente las inconsistencias. De forma bastante súbita, la teoría de dimensiones más altas está siendo ahora defendida en los laboratorios de investigación de todo el mundo. Muchos físicos destacados creen ahora que podrían existir dimensiones más allá de las cuatro habituales de espacio y tiempo. Esta idea, de hecho, se ha convertido en el foco de intensa investigación científica. En realidad, muchos físicos teóricos creen ahora que dimensiones más altas pueden ser el paso decisivo para crear una teoría global que unifique las leyes de la naturaleza: una teoría del hiperespacio.

Si se demuestra como correcta, los futuros historiadores de la ciencia podrán registrar perfectamente que una de las grandes revoluciones conceptuales en la ciencia del siglo XIX fue la comprensión de que el hiperespacio puede ser la clave para desvelar los secretos más profundos de la naturaleza y la propia Creación.

Este concepto seminal ha desencadenado una avalancha de investigación científica: varios miles de artículos escritos por físicos teóricos en los principales laboratorios de investigación en todo el mundo han sido dedicados a explorar las propiedades del hiperespacio. Las páginas de *Nuclear Physics* y *Physics Letters*, dos destacadas revistas científicas, se han visto inundadas con artículos que analizan la teoría. Se han organizado más de 200 conferencias interna-

cionales de física para explorar las consecuencias de dimensiones más altas.

Por desgracia, aún estamos lejos de verificar experimentalmente que nuestro universo existe en dimensiones más altas. (Lo que se necesitaría exactamente para probar la corrección de la teoría y, posiblemente, dominar la potencia del hiperespacio se discutirá más adelante en este libro.) Sin embargo, esta teoría ha llegado ahora a establecerse firmemente como una rama legítima de la física teórica moderna. El Instituto para Estudio Avanzado en Princeton, por ejemplo, donde Einstein pasó las últimas décadas de su vida (y donde se ha escrito este libro), es ahora uno de los centros activos de investigación sobre espacio-tiempo multidimensional.

Steven Weinberg, que ganó el premio Nobel de Física en 1979, resumió esta revolución conceptual cuando comentó recientemente que la física teórica se está haciendo cada vez más parecida a la ciencia ficción.

¿Por qué no podemos ver dimensiones más altas?

Estas ideas revolucionarias resultan extrañas al principio porque damos por supuesto que nuestro mundo cotidiano tiene tres dimensiones. Como observó el finado físico Heinz Pagels, «Una característica de nuestro mundo físico resulta tan obvia que la mayoría de las personas ni siquiera se sienten intrigadas por ello: el hecho de que el espacio es tridimensional».[1] Casi por el solo instinto sabemos que cualquier objeto puede describirse dando su altura, anchura y profundidad. Podemos localizar cualquier posición en el espacio dando tres números. Si queremos citar a alguien para comer en Nueva York, decimos: «Nos encontraremos en el piso veinticuatro del edificio que está en la esquina de la calle Cuarenta y Dos y la Primera Avenida». Dos números nos proporcionan la esquina de la calle; y el tercero, la altura a partir del suelo.

También los pilotos de avión saben exactamente dónde están con tres números: su altitud y dos coordenadas que sitúan su posición en una malla o mapa. De hecho, especificando estos tres números pueden indicar cualquier posición en nuestro mundo, desde la punta de la nariz a los confines del universo visible. Hasta los niños entienden esto: los tests con niños han demostrado que ellos pueden arrastrarse hasta el extremo de un acantilado, mirar por el borde y retroceder. Además de tener una comprensión instintiva de «izquierda» y «derecha» y «adelante» y «atrás», los bebés comprenden instintivamente «arriba» y «abajo». Así pues, el concepto intuitivo de tres dimensiones está firmemente incorporado en nuestros cerebros desde una edad temprana.

Einstein extendió este concepto para incluir el tiempo como una cuarta dimensión. Por ejemplo, para citar a alguien para comer, debemos especificar que nos encontraremos a, digamos, las 12,30 en Manhattan; es decir, para especificar un suceso también necesitamos describir su cuarta dimensión, el *tiempo* en el que el suceso tiene lugar.

Los científicos están hoy interesados en ir más allá de la concepción de Einstein de la cuarta dimensión. Actualmente, el interés científico se centra en la quinta dimensión (una dimensión espacial más además del tiempo y las tres dimensiones del espacio) y más allá. (Para evitar la confusión, a lo largo de este libro he seguido la costumbre establecida y denomino cuarta dimensión a la dimensión *espacial* más allá de longitud, anchura y grosor. Los físicos se refieren en realidad a ésta como la quinta dimensión, pero yo seguiré el precedente histórico. Llamaremos tiempo a la cuarta dimensión *temporal*.)

¿Cómo vemos nosotros la cuarta dimensión espacial?

El problema está en que no podemos hacerlo. Los espacios multidimensionales son imposibles de visualizar; así que es inútil intentarlo siquiera. El eminente físico alemán Hermann von Helmholtz comparaba la incapacidad para «ver» la cuarta dimensión con la incapacidad de un ciego

para concebir el concepto de color. No importa cuán elocuentemente describimos «rojo» a una persona ciega, las palabras fracasan en dar el significado de algo tan rico en significado como el color. Incluso los matemáticos experimentados y los físicos teóricos que han trabajado durante años con espacios de más dimensiones admiten que no pueden visualizarlos. En lugar de ello, se retiran al mundo de las ecuaciones matemáticas. Pero mientras que los matemáticos, los físicos y los ordenadores no tienen problemas para resolver ecuaciones en un espacio multidimensional, los seres humanos corrientes encuentran imposible visualizar universos más allá del suyo propio.

En el mejor de los casos, podemos utilizar una variedad de trucos matemáticos, concebidos por el matemático y místico Charles Hinton hacia el cambio de siglo, para visualizar sombras de objetos de más dimensiones. Otros matemáticos, como Thomas Banchoff, director del departamento de matemáticas en la Universidad de Brown, han escrito programas de ordenador que nos permiten manipular objetos de más dimensiones proyectando sus sombras en pantallas de ordenador bidimensionales y planas. El filósofo griego Platón decía que somos como moradores de una caverna condenados a ver tan sólo las sombras oscuras de la rica vida que existe fuera de nuestras cavernas; análogamente, los ordenadores de Banchoff permiten sólo una ojeada a las sombras de objetos de más dimensiones. (En realidad, no podemos visualizar dimensiones más altas debido a un accidente de la evolución. Nuestros cerebros han evolucionado para solventar miríadas de emergencias en tres dimensiones. De forma instantánea, sin pararnos a pensar, podemos reconocer y reaccionar frente a un león que salta o a un elefante que ataca. De hecho, aquellos seres humanos que mejor pudieran visualizar cómo se mueven, giran y se retuercen los objetos en tres dimensiones tendrían una ventaja de supervivencia sobre aquellos que no pudieran hacerlo. Por desgracia, no hubo presión de selección sobre los seres humanos para dominar el movimiento en cuatro dimensio-

nes espaciales. Ser capaz de ver la cuarta dimensión espacial no ayudaba ciertamente a nadie para enfrentarse a un ataque de un tigre de dientes afilados. Los leones y los tigres no se abalanzan sobre nosotros desde la cuarta dimensión.)

Las leyes de la naturaleza son más simples en dimensiones más altas

Un físico que disfruta encandilando a sus oyentes con las propiedades de universos multidimensionales es Peter Freund, profesor de física teórica en el famoso Instituto Enrico Fermi de la Universidad de Chicago. Freund fue uno de los pioneros en trabajar en las teorías del hiperespacio cuando eran consideradas demasiado extravagantes para la corriente principal de la física. Durante años, Freund y un pequeño grupo de científicos especulaban aislados sobre la ciencia de dimensiones más altas; ahora, sin embargo, se ha puesto de moda y es una rama legítima de la investigación científica. Con gran satisfacción, él encuentra que su primer interés está por fin dando fruto.

Freund no encaja en la imagen tradicional de un científico tímido, distraído y despeinado. En lugar de ello, él es educado, locuaz y culto, y tiene una expresión traviesa y maliciosa que cautiva a los profanos con fascinantes historias sobre descubrimientos científicos revolucionarios. Se siente tan a gusto escribiendo en una pizarra llena de densas ecuaciones como intercambiando bromas en una fiesta. Hablando con un acento pronunciado y típicamente rumano, Freund tiene una rara habilidad para explicar los conceptos más arcanos y retorcidos de la física en un estilo vivo y atractivo.

Tradicionalmente, nos recuerda Freund, los científicos se han mostrado escépticos respecto a las dimensiones más altas porque éstas no podían ser medidas y no tenían ningún uso concreto. Sin embargo, hay una aceptación creciente entre los científicos actuales de que cualquier teoría tridi-

mensional es «demasiado pequeña» para describir las fuerzas que gobiernan nuestro universo.

Como resalta Freund, un tema fundamental recurrente en la última década de la física ha sido el que *las leyes de la naturaleza se hacen más simples y elegantes cuando se expresan en dimensiones más altas*, que son su ámbito natural. Las leyes de la luz y de la gravedad encuentran una expresión natural cuando se manifiestan en un espacio-tiempo multidimensional. El paso clave para unificar las leyes de la naturaleza consiste en incrementar el número de dimensiones del espacio-tiempo hasta que puedan acomodarse más y más fuerzas. En dimensiones más altas, tenemos suficiente «sitio» para unificar todas las fuerzas físicas conocidas.

Freund, al explicar por qué las dimensiones más altas están excitando la imaginación del mundo científico, utiliza la siguiente analogía:

> Pensemos, por un momento, en un leopardo, un animal bello y elegante, uno de los más rápidos de la Tierra, que se mueve libremente por las sabanas de África. En su hábitat natural, es un animal magnífico, casi una obra de arte, insuperable en velocidad o gracia por cualquier otro animal. Ahora bien, pensemos en un leopardo que ha sido capturado y encerrado en una miserable jaula en un zoológico. Ha perdido su gracia y belleza original, y está exhibido para nuestra diversión. Nosotros sólo vemos el espíritu quebrado del leopardo en la jaula, no su potencia y elegancia original. El leopardo puede ser comparado con las leyes de la física, que son bellas en su asentamiento natural. El hábitat natural de las leyes de la física es el espacio-tiempo multidimensional. Sin embargo, sólo podemos medir las leyes de la física cuando han sido rotas y exhibidas en una jaula, que es nuestro laboratorio tridimensional. Sólo vemos el leopardo cuando ha sido despojado de su gracia y belleza.[2]

Durante décadas, los físicos se han preguntado por qué las cuatro fuerzas de la naturaleza parecen estar tan fragmentadas —por qué el «leopardo» se ve tan lastimoso y

roto en su jaula. La razón fundamental por la que estas cuatro fuerzas parecen tan diferentes, advierte Freund, es que hemos estado observando el «leopardo enjaulado». Nuestros laboratorios tridimensionales son jaulas de zoológico estériles para las leyes de la física. Pero cuando formulamos las leyes en un espacio-tiempo multidimensional, su hábitat natural, vemos su verdadero brillo y potencia; las leyes se hacen simples y poderosas. La revolución que ahora barre la física es la comprensión de que el ámbito natural para el leopardo puede ser el hiperespacio.

Para ilustrar cómo el añadir una dimensión más alta puede hacer las cosas más sencillas, pensemos en cómo se libraban las guerras importantes en la Roma antigua. Las grandes guerras romanas, que a menudo involucraban muchos campos de batalla menores, se libraban invariablemente con gran confusión, con rumores y falsas informaciones que corrían en ambos bandos de un lado para otro. Con batallas en curso en varios frentes, los generales romanos a menudo estaban actuando a ciegas. Roma ganó sus batallas más por la fuerza bruta que por la elegancia de sus estrategias. Esta es la razón de que uno de los primeros principios del arte de la guerra es conquistar el terreno alto —es decir, moverse hacia *arriba* en la tercera dimensión, por encima del campo de batalla bidimensional. Desde la posición ventajosa de una gran colina con una vista panorámica del campo de batalla, el caos de la guerra se reduce enormemente en un momento. En otras palabras, visto desde la tercera dimensión (esto es, desde lo alto de la colina), la confusión de los campos de batalla menores queda integrada en una sola imagen coherente.

Otra aplicación de este principio —el de que la naturaleza se hace más sencilla cuando se expresa en dimensiones más altas— es la idea central que subyace en la teoría de la relatividad especial de Einstein. Einstein reveló que el tiempo es la cuarta dimensión, y demostró que espacio y tiempo pueden ser convenientemente unificados en una teoría tetradimensional. Esto, a su vez, condujo inevitablemente a la

unificación de todas las cantidades físicas medidas en términos de espacio y tiempo, tales como materia y energía. Encontró entonces la expresión matemática exacta para esta unidad entre materia y energía: $E = mc^2$, quizá la más célebre de todas las ecuaciones científicas.*

Para apreciar el enorme poder de esta unificación, describiremos ahora las cuatro fuerzas fundamentales, acentuando cuán diferentes son y cómo las dimensiones más altas pueden proporcionarnos un formalismo unificador. Durante los últimos 2.000 años, los científicos han descubierto que todos los fenómenos en nuestro universo pueden reducirse a cuatro fuerzas, que a primera vista no mantienen ninguna semejanza entre sí.

La fuerza electromagnética

La fuerza electromagnética adopta varias formas, incluyendo la electricidad, el magnetismo y la propia luz. La fuerza electromagnética ilumina nuestras ciudades, llena el aire con la música que procede de las radios y los aparatos estereofónicos, nos entretiene con la televisión, reduce el trabajo del hogar con los electrodomésticos, calienta nuestros alimentos con las microondas, sigue nuestros aviones y sondas espaciales con el rádar, y electrifica nuestras plantas industriales. Más recientemente, la potencia de la fuerza electromagnética se ha utilizado en ordenadores electrónicos (que han revolucionado la administración, el hogar, la escuela y la milicia) y en láseres (que han introducido nuevas visiones en comunicaciones, cirugía, discos compactos, armamento avanzado del Pentágono, e incluso las cajas registradoras de los supermercados). Más de la mitad del pro-

* La teoría de dimensiones más altas no es una teoría meramente académica, ya que la consecuencia más simple de la teoría de Einstein es la bomba atómica, que ha cambiado el destino de la humanidad. En este sentido, la introducción de dimensiones más altas ha sido uno de los descubrimientos científicos más cruciales de toda la historia humana.

ducto interior bruto de la Tierra, que representa la riqueza acumulada de nuestro planeta, depende de alguna forma de la fuerza electromagnética.

La fuerza nuclear fuerte

La fuerza nuclear fuerte proporciona la energía que alimenta las estrellas; hace que las estrellas brillen y crea los brillantes y vivificadores rayos del Sol. Si la fuerza fuerte desapareciera repentinamente, el Sol se oscurecería y acabaría toda la vida en la Tierra. De hecho, algunos científicos creen que los dinosaurios fueron llevados a la extinción hace 65 millones de años cuando los residuos del impacto de un cometa se acumularon en las capas altas de la atmósfera, oscureciendo la Tierra y haciendo que la temperatura del planeta descendiese. Irónicamente, es también la fuerza nuclear fuerte la que un día puede privarnos del regalo de la vida. Liberada en la bomba de hidrógeno, la fuerza nuclear fuerte podría un día acabar con toda la vida sobre la Tierra.

La fuerza nuclear débil

La fuerza nuclear débil gobierna ciertas formas de desintegración radiactiva. Debido a que los materiales radiactivos emiten calor cuando se desintegran o dividen, la fuerza nuclear débil contribuye a calentar las rocas radiactivas en el interior profundo de la Tierra. Este calor, a su vez, contribuye al calor que impulsa los volcanes, las raras pero potentes erupciones de roca fundida que llegan a la superficie de la Tierra. Las fuerzas débil y electromagnética también se aprovechan para tratar enfermedades graves: el yodo radiactivo se utiliza para destruir tumores de la glándula tiroides y combatir ciertas formas de cáncer. La fuerza de desintegración radiactiva también puede ser mortal: hizo estragos en Three Mile Island y Chernobil; produce también residuos radiactivos, el inevitable subproducto de la

producción de armas nucleares y centrales nucleares comerciales, que pueden permanecer nocivos durante millones de años.

La fuerza gravitatoria

La fuerza gravitatoria mantiene a la Tierra y los planetas en sus órbitas y une la galaxia. Sin la fuerza gravitatoria de la Tierra, saldríamos despedidos al espacio como muñecos de trapo por el giro de la Tierra. El aire que respiramos se dispersaría rápidamente hacia el espacio, provocándonos asfixia y haciendo imposible la vida en la Tierra. Sin la fuerza gravitatoria del Sol, todos los planetas, incluida la Tierra, saldrían despedidos desde el sistema solar hacia los fríos confines del espacio profundo, donde la luz del Sol es demasiado tenue para mantener la vida. De hecho, sin la fuerza gravitatoria el propio Sol explotaría. El Sol es el resultado de un delicado equilibrio entre la fuerza de gravedad, que tiende a comprimir la estrella, y la fuerza nuclear, que tiende a hacerla explotar. Sin gravedad, el Sol detonaría como billones y billones de bombas de hidrógeno.

El reto central de la física teórica actual es unificar estas cuatro fuerzas en una sola. Empezando con Einstein, los gigantes de la física del siglo XX han hecho intentos infructuosos para encontrar tal esquema unificador. Sin embargo, la respuesta que esquivó a Einstein durante los últimos treinta años de su vida puede estar en el hiperespacio.

La búsqueda de la unificación

Einstein dijo una vez: «La naturaleza sólo nos muestra la cola del león. Pero no tengo duda de que el león pertenece a ella incluso aunque no pueda mostrarse de una vez debido a su enorme tamaño».[3] Si Einstein tiene razón, entonces quizá estas cuatro fuerzas son la «cola del león», y el propio

«león» es el espacio-tiempo multidimensional. Esta idea ha alimentado la esperanza de que las leyes físicas del universo, cuyas consecuencias llenan paredes enteras de bibliotecas de libros densamente apretados con tablas y gráficos, puedan ser un día explicadas por una sola ecuación.

Para esta perspectiva revolucionaria del universo resulta capital la comprensión de que la *geometría* multidimensional puede ser la fuente última de unidad en el universo. Dicho de manera simple, la materia en el universo y las fuerzas que la mantienen unida, que se presentan en una variedad confusa e infinita de formas complejas, pueden ser simplemente vibraciones diferentes del hiperespacio. Este concepto, sin embargo, va en contra del pensamiento tradicional entre los científicos, que han visto el espacio y el tiempo como un escenario pasivo en el que las estrellas y los átomos juegan el papel principal. Para los científicos, el universo visible de materia parecía infinitamente más rico y más diverso que la arena vacía e inmóvil del universo invisible de espacio-tiempo. Casi todo el intenso esfuerzo científico y la masiva financiación gubernamental en física de partículas se ha dirigido históricamente a catalogar las propiedades de partículas subatómicas, tales como «quarks» y «gluones», más que a penetrar en la naturaleza de la geometría. Ahora, los científicos están comprendiendo que los conceptos «inútiles» de espacio y tiempo pueden ser la fuente última de la belleza y simplicidad en la naturaleza.

La primera teoría de dimensiones más altas fue denominada *teoría de Kaluza-Klein*, por los dos científicos que propusieron una nueva teoría de la gravedad en la que la luz podía explicarse como vibraciones en la quinta dimensión. Cuando se ampliaron al espacio *N*-dimensional (donde *N* puede representar cualquier número entero), las teorías de aspecto tosco de las partículas subatómicas tomaron espectacularmente una sorprendente simetría. La vieja teoría de Kaluza-Klein, sin embargo, no podía determinar el valor correcto de *N*, y había problemas técnicos para describir todas las partículas subatómicas. Una ver-

sión más avanzada de esta teoría, llamada *teoría de la supergravedad*, también tenía problemas. El reciente interés en la teoría fue desencadenado en 1984 por los físicos Michael Green y John Schwarz, que demostraron la consistencia de una versión más avanzada de la teoría de Kaluza-Klein, llamada *teoría de supercuerdas*, que postula que toda la materia consiste en minúsculas cuerdas vibrantes. Sorprendentemente, la teoría de supercuerdas predice un número preciso de dimensiones para el espacio y el tiempo: diez.*

La ventaja de un espacio decadimensional es que tenemos «suficiente sitio» en el que acomodar las cuatro fuerzas fundamentales. Además, tenemos una imagen física sencilla con la que explicar la confusa mezcolanza de partículas subatómicas producidas por nuestros potentes colisionadores de átomos. Durante los últimos treinta años, centenares de partículas subatómicas han sido cuidadosamente catalogadas y estudiadas por los físicos entre los restos producidos al hacer colisionar protones y electrones con átomos. Como coleccionistas de insectos que dan nombre pacientemente a una vasta colección de bichos, los físicos han estado a veces abrumados por la diversidad y complejidad de dichas partículas subatómicas. Hoy, esta confusa colección de partículas subatómicas puede explicarse como meras vibraciones en la teoría del hiperespacio.

* Freund sonríe cuando se le pregunta cuándo seremos capaces de ver estas dimensiones más altas. No podemos verlas porque están «enrolladas» en una bola minúscula tan pequeña que ya no pueden ser detectadas. Según la teoría de Kaluza-Klein, el tamaño de estas dimensiones enrolladas se denomina *longitud de Planck,*[4] que es cien trillones de veces menor que el protón, demasiado pequeño para ser sondeado ni siquiera por nuestro mayor colisionador de átomos. Los físicos de altas energías confiaban en que el Supercolisionador Superconductor de 11.000 millones de dólares (que fue cancelado por el Congreso en octubre de 1993) habría sido capaz de revelar algunos vestigios indirectos del hiperespacio.